土木建筑工程信息技术
Journal of Information Technology in Civil Engineering and Architecture

淮安市淮海路跨京杭运河大桥工程设计 BIM 应用

元　宇

（中设设计集团，南京　210000）

【摘　要】随着近年来业主对桥梁的景观造型要求的提高，各种曲线造型的桥梁应运而生，这其中大部分是钢结构桥梁，具有空间曲线形状的结构用常规的二维图纸很难展现设计意图。设计本身虽只占用建筑全生命期的总成本的 5%，但是却决定了其总成本的 70%，如果设计中采用可视化程度高、数据信息高度整合、协调性好的 BIM 技术[1]，可以完整展现设计院设计意图，提高钢板加工精度，改善施工组织，减少工程浪费，同时也为后期桥梁管养中 BIM 技术的实施提供准确可靠的模型载体。而目前复杂钢结构桥梁方向真正从设计开始的 BIM 技术应用尚属空白，解决后期 BIM 翻模不具备设计特性的问题，为真正做到从源头设计开始的全寿命周期 BIM 应用迈出关键的第一步。

【关键词】BIM 正向设计；复杂钢结构；斜拉桥；异型桥梁
【中图分类号】TU17；TU391；U448. 27　【文献标识码】A　【文章编号】1674 – 7461(2017)01 – 0045 – 05
【DOI】10. 16670/j. cnki. cn11 – 5823/tu. 2017. 01. 08

1　工程概况

1.1　项目简介

淮安市京杭运河淮海路大桥主桥位于淮安市市中心淮海路，跨越京杭运河，因此景观要求较高，通过前期方案比选及初步设计论证，施工图最终采用圆塔形独塔双索面斜拉桥，主桥跨径组合为 152 + 90m，桥宽 38m，塔高 74. 5m，项目整体效果如图 1。



图 1　淮安市淮海路跨京杭运河大桥效果图

1.2　工程特点和难点

（1）塔造型异型

由椭圆和圆组成的断面，在纵向拉伸 20m 产生桥塔主受力结构，另外桥塔还带有一个 71m 长的异形塔翼板，全部是异型钢结构，无论从哪个角度看，都不是平面能展示的，采用传统的二维方法几乎无法设计。

（2）结构受力复杂

由于桥塔存在纵向 20m 的错位，斜拉索产生一个扭正的趋势，因此产生了巨大的弯矩剪力，塔底塔底最大弯矩 43 万 kN * m，最大剪力 1. 2 万 kN，然而最大轴力只有 6. 8 万 kN，各节点均需要采用实体模型进行空间分析确定受力，而实体建模如果采用常规的建模手段工作量将会十分巨大，甚至无法完成。

（3）交错的关系

塔和塔翼板的连接，塔内钢锚箱，塔翼板和梁的相对关系，梁和塔的固结段等都因为桥塔和塔翼板异型的造型而变得十分复杂，比如桥塔和塔翼板

【基金项目】　国家自然科学基金资助项目（编号：61170327）；国家科技重大专项支持资助项目（编号：2014ZX02502）
【作者简介】　元宇（1983 – ），男，工程师，主要研究领域：BIM 技术在桥梁工程中的应用研究。

连接处,经过多次的开会讨论,最终定下了采用一块厚钢板连接两块薄钢板的处理方式,而每一块钢板都是曲面板,采用传统的二维设计方法要表达清楚十分困难。

(4)施工要求高

业主这次对于桥梁的造型十分关注,为保持桥塔的曲面造型,如果在设计阶段没有良好的整体控制方案,仅靠加工厂的工艺措施,是很难达到外形的圆顺。比如塔翼板,理论上应该是双曲面,如果直接给加工厂生产,他们必然会按照自己的想法进行简化以直代曲处理,很有可能因为没有进行整体的考虑,使得局部产生折痕或者不平顺的情况,而我们在设计阶段就应该给出整体的处理方法,避免产生瑕疵。

基于以上几个特点,可以看出该项目设计加工都非常复杂,采用传统的二维设计方法无法完成设计任务,为了保证设计质量,也为了提高加工的质量,引入了 BIM 技术对全桥钢结构进行设计。

2 BIM 组织与应用环境

2.1 BIM 应用目标

BIM 技术在本项目的应用主要在设计阶段,后期将根据项目进度延伸至加工、施工以及运维阶段。

1)快速建模、并可以后期重复利用、提高设计效率;

2)完整建立空间钢结构、准确表达设计意图;

3)解决曲面展开问题、准确得到钢板平面大样;

4)避免因结构碰撞或者施工空间不足而导致无法施工;

5)为曲面钢板加工提供加工方案、提高产品质量;

6)采用二维图纸表达复杂几何图形。

2.2 实施方案

我院首先调研了各 BIM 核心建模软件的功能,同时也了解了同类型的项目在国内的 BIM 应用情况,然后确定建模精度,进行三维建模,建立骨架模型进行方案讨论,将问题都暴露出来,接着制作模板,对于特殊的节点,不能应用模板的地方,只能进行特殊的设计,基于三维模型的对于结构进行局部的实体计算,并根据计算结果对局部进行修改,得到最终三维模型,最后是基于三维模型出版纸质的图纸。这个流程是完整的 BIM 正向设计流程,我们在这个过程中最后的出图阶段也进行了一些探索,最后的结果也是令人满意的[2]。

2.3 团队组织

为了更好发挥 BIM 在设计中的作用,团队的组织及团队成员的技能非常重要,只有扎实的技术基础,才有可能具备使用非常规手段进行创新的能力。本项目实施设计人员与 BIM 实施人员二合一,设计人员真正的应用 BIM 技术进行设计。

2.4 应用措施

为引导和规范 BIM 设计,公司编制了一系列 BIM 相关标准,在命名、颜色、深度、存储、协同、交付各方面加以指导,项目各参与专业严格遵照标准内容进行三维协同设计。

协同应用基于服务器共享文件夹进行,不同项目不同阶段设置不同的存储区域,设立专门的数据管理员,对项目文件和人员权限进行设定,做到设计人有写入权限,配合设计人员有浏览权限,项目无关人员没有任何权限,保证模型数据的安全与可靠[3]。

2.5 软硬件环境

本项目主要应用软件为达索公司系列软件:

CATIA、ENOVIA、3DVIA COMPOSER;

项目设计使用设备为专业图形工作站,主要硬件配置如下:

CPU:Intel Xeon E5-2637 v2;

内存: 4 ×8 GB 1866 MHz DDR3 ECC RDIMM;

显卡:NVIDIA Quadro K4000;

硬盘: 1TB 3. 5 inch SATA 7200 Rpm 硬盘。

3 BIM 应用

3.1 BIM 建模

项目 BIM 模型基于 ENOVIA 平台进行; 三维施工模拟基于 3DVIA COMPOSER 平台,主要建模软件为 CATIA。本项目设计深度为施工图阶段,最终从模型出版设计图纸成果,因此模型深度等级为不低于 LOD 300。

3.2 BIM 应用情况

(1)参数化建模

设计就是根据计算结果调整再重新计算的反复优化的过程,建立的模型是靠参数驱动的,模型的调整变得更快捷,从而可以让设计人员更专注于

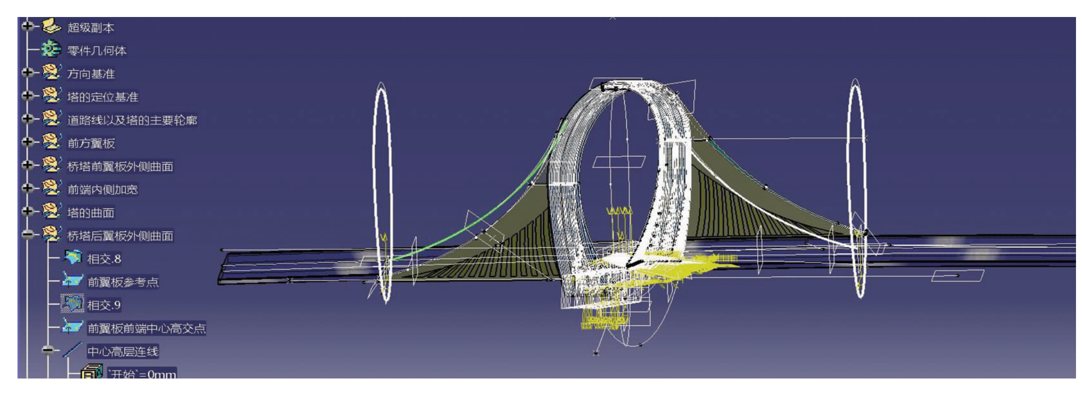


图 2　全桥骨架

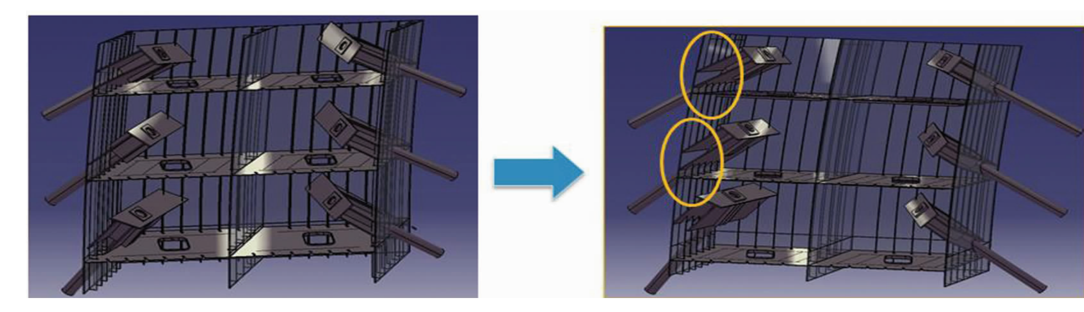


图 3　钢塔 J08 节段构造

设计本身,而不是用大量的时间在改图上。

(2)骨架驱动模型

属于参数化建模的高级应用,强调的是参数与参数之间的相互关系,能够实现工程模型的全参数化调整。在该功能的支持下,设计工作可以做到提前设计,能更加合理的利用设计时间。全桥骨架如图 2[4]。

(3)可视化设计

将各种复杂结构全部展示出来,所见即所得,便于施工单位及加工厂读图理解,将沟通的误差减少到最低。

(4)曲面设计

塔翼板和桥塔都是复杂空间曲面,采用 BIM 设计后准确表达设计意图,对曲板进行了展开,准确统计了数量,这些用传统的二维设计是无法做到的。

(5)虚拟加工设计

塔翼板模型中都是空间曲面,加工厂加工时会以直代曲,为提前预测误差,控制产品质量,在保证外形无折痕的前提下对钢板进行以直代曲的方案模拟,模拟后的钢板与理论模型最大误差在 0.3% 以内,保证造型不变。

(6)碰撞避免

设计中所有的钢结构均在一个模型中表达,保证了施工时不会出现加劲肋切割避让,预应力张拉或者焊接无操作空间等因设计未考虑周全而产生的变更。钢塔 J08 节段如图 3 在三维设计时考虑加劲肋与钢锚箱碰撞,在设计时就移除碰撞部分加劲肋,减少施工现场临时操作。

(7)BIM 技术有限元分析

将 BIM 模型导入有限元分析软件,对 BIM 模型进行二次利用,大大提高了建模速度,同时也更加的精确。桥塔与钢箱梁横梁连接处实体计算模型及结果如图 4。

4　BIM 设计出图应用研究

制造行业在 20 年前就已经实现了无纸化流程,而建筑行业依旧是用纸质的图纸进行设计施工和运维应用的。现行制度下设计成果不能仅仅是一个三维的模型,还是需要图纸作为正式设计成果交付业主。本次设计为正向设计,设计图纸是从模型中生成的,保证了三维模型以及二维图纸的准确性。

在这个项目中颠覆了传统的施工图表达方式,以图纸的完备性(在没有模型的情况下仅凭图纸成果就可以施工)作为基础,研究出一套符合三维模型基础上的快速表达图纸的方法。施工图设计建模加出版成果一共仅用 3 个月,不但没有降低效率,还比传统

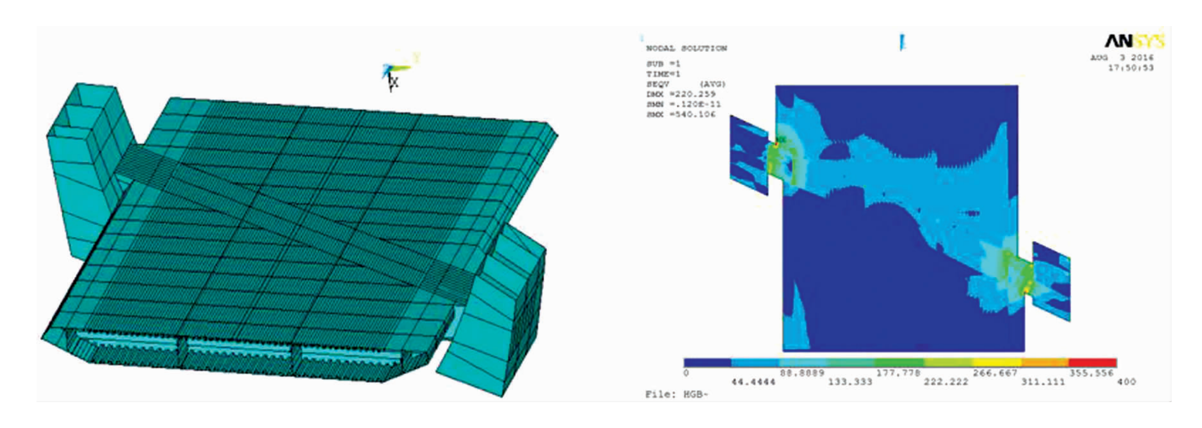


图 4　钢塔横梁实体模拟计算

二维设计效率提高约 30%，成果通过了施工图审查，得到业主，咨询单位和各位专家的认可。图 6 中显示了原设计成果组成和 BIM 设计成果组成[5]。

5　总结

5.1　创新点

现在大多数的设计院都是以二维设计为主，只有极少数的设计院才用 BIM 做设计，为什么会这样，究其原因就是一条，交付成果要的是二维的纸质图纸，BIM 的设计思路是一个三维的思路，而二维图纸和三维设计本身就不是一个方向。

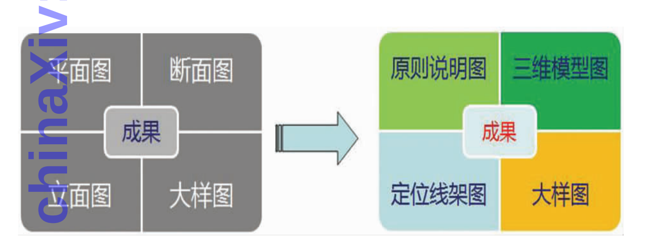


图 5　成果结构组成

目前设计阶段桥梁专业的 BIM 大都是已有了设计图纸，而后进行翻模做展示用或者做施工阶段应用，不能发挥 BIM 技术在设计阶段的价值，而本项目的 BIM 应用是在没有设计图纸的情况下进行的的正向三维设计，进行二次开发提高建模速度，同时研究了一套二维图表达方法，确保了设计的准确性和合理性，将设计院真正的设计工作与 BIM 真正地融合在一起，在国内钢结构桥梁设计项目上较为少见，图 6 ~9 为设计图纸，可以为以后复杂钢结构设计提供一个思路[6]。

5.2　经验教训

本项目前期方案阶段 BIM 尚未介入，在方案比选的时候我院做了很多的效果图进行展示，进行十次会议商讨最终才定下设计方案，花费了很大的成本和精力，而且在初步设计阶段很多 BIM 工作必须从方案阶段重新开始，如果前期 BIM 技术就进行介入，就可以让业主更好更直观地对设计方案进行决定，也能减少设计院的工作量。

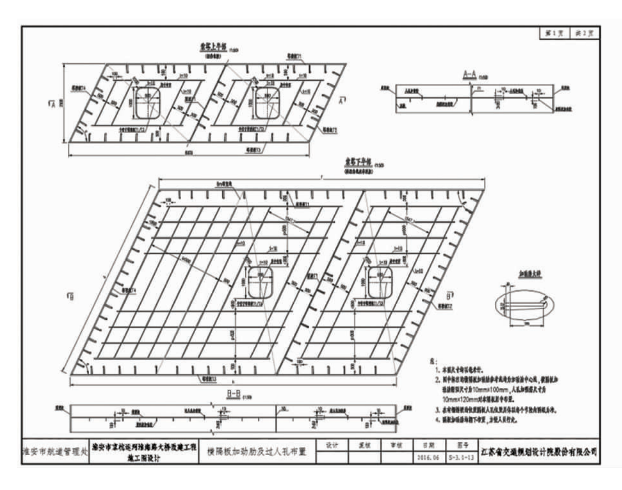


图 6　钢箱梁加劲肋布置原则图(CAD 绘制)

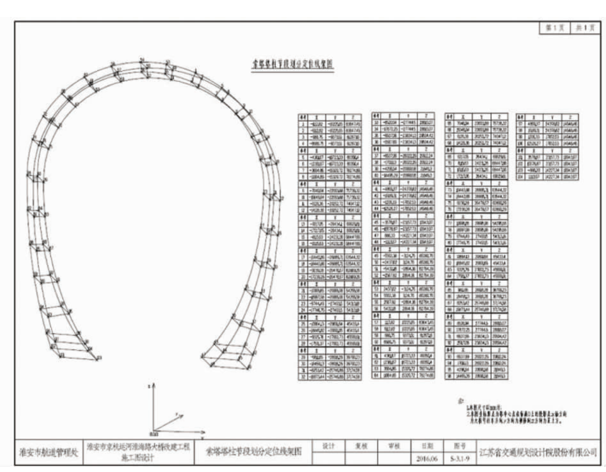
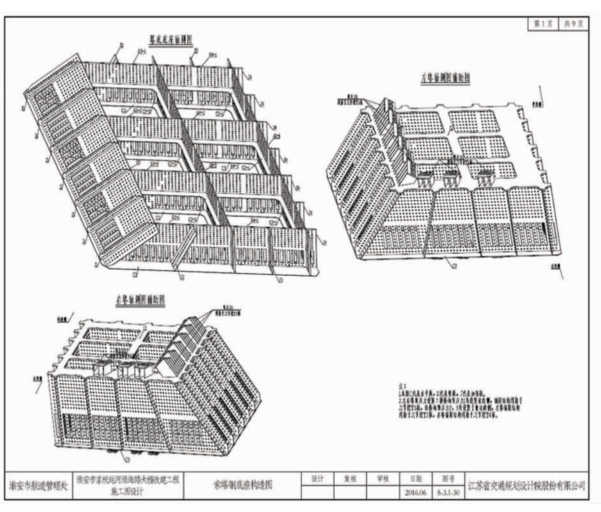
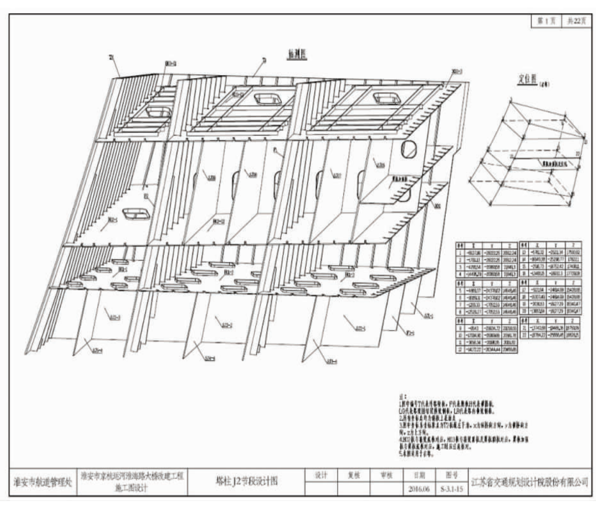


图 7　定位线架图(CATIA 出版)


图 8 特殊节点设计(CATIA 出版)


图 9 三维模型图(CATIA 出版)

参考文献

[1] National Building Information Modeling Standard [S]. 2007.
[2] 李建成,BIM 概述[J]. 时代建筑. 2013. 2.
[3] 彭伟,BIM 技术在钢结构桥梁中的应用研究[B]. 公路交通科技:应用技术版. 2015. 8.
[4] 何关培,BIM 与 BIM 相关软件[J]. 土木建筑工程信息技术. 2010. 12.
[5] 过俊,BIM 在国内建筑全生命周期的典型应用[J]. 建筑技艺. 2011Z1.
[6] 卜一秋,从 CAD 到 BIM_前途是光明的道路是曲折的[Z]. 2011.

BIM Applications in the Design of Huaian City Huaihai Road Leap over Beijing-Hangzhou Grand Canal Bridge Project

Yuan Yu

(*China Design Group Co., Ltd., Nanjing* 210000, *China*)

Abstract: In recent years, with the owners of bridge landscape design requirements increasing, a variety of bridge curve shapes have emerged as the times require, most of which are steel structure bridges. It is quite difficult to show the design intention of 2D drawings with a conventional structure with space curve shape. Although design only takes up 70% of the total cost of the whole building life cycle, it decides 5% of its total cost. If uses the BIM technology with a high degree of visual data, high integration and good coordination in design stage, could completely show the intention of the design institutes, improve the machining precision of steel plate, improve the construction organization, reduce construction waste, but also provide accurate and reliable model for the implementation of BIM technology of a late bridge pipe carrier. At present, the complex steel structure bridge direction starts from real application of BIM technology design is still blank. BIM does not have the characteristics of mold design, is truly the first step the whole life cycle of BIM application from the beginning of design take the key.

Key Words: BIM Design; Complex Steel Structure; Cable-stayed Bridge; Special-shaped Bridge